

Docket No. 1232-5092

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): Takahisa SHIOZAWA

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/630,012

Examiner: TBA

Filed: July 30, 2003

For: ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM, EXPOSURE METHOD AND APPARATUS
USING THE SAME

CLAIM TO CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In the matter of the above-identified application and under the provisions of 35 U.S.C. §119 and 37 C.F.R. §1.55, applicant(s) claim(s) the benefit of the following prior application(s):

Application(s) filed in: Japan
In the name of: Canon Kabushiki Kaisha
Serial No(s): 2002-228042
Filing Date(s): August 5, 2002

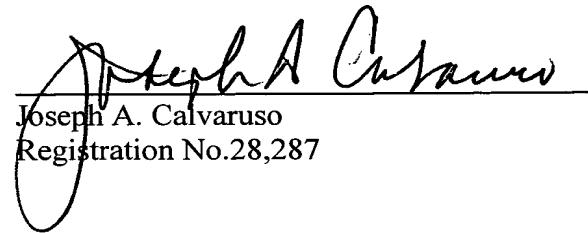
Pursuant to the Claim to Priority, applicant(s) submit(s) a duly certified copy of said foreign application.

A duly certified copy of said foreign application is in the file of application Serial No. _____, filed _____.

Respectfully submitted,
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

Dated: September 3, 2003

By:


Joseph A. Calvaruso
Registration No.28,287

Correspondence Address:

MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.
345 Park Avenue
New York, NY 10154-0053
(212) 758-4800 Telephone
(212) 751-6849 Facsimile

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 8月 5日
Date of Application:

出願番号 特願 2002-228042
Application Number:

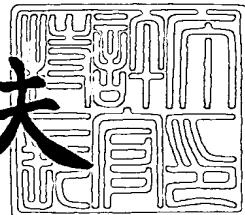
[ST. 10/C] : [JP 2002-228042]

出願人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

2003年 8月 18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 4747003
【提出日】 平成14年 8月 5日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/027
【発明の名称】 照明光学系、露光方法及び装置
【請求項の数】 12
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
【氏名】 塩澤 崇永
【特許出願人】
【識別番号】 000001007
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社
【代理人】
【識別番号】 100110412
【弁理士】
【氏名又は名称】 藤元 亮輔
【電話番号】 03-3523-1227
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 062488
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0010562
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 照明光学系、露光方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源からの光束により、所望のパターンと当該所望のパターンよりも寸法の小さな補助パターンとを有するマスクを照明する照明光学系において、

前記所望のパターンが解像され、且つ、前記補助パターンの解像が抑制されるように、前記光束を分割し、前記マスクに対して実質的にフーリエ変換の関係となる所定面に光軸を中心とした四重極状の光量分布を形成する照明光生成手段を有し、

前記四重極状の光量分布の夫々の部分の大きさ又は前記光軸と前記四重極状の光量分布の夫々の部分との距離のうち少なくとも一方が可変であることを特徴とする照明光学系。

【請求項 2】 前記照明光生成手段は、プリズムを有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

【請求項 3】 前記プリズムは、入射面側が凹面、出射面側が凸面の四角錐面を有することを特徴とする請求項 2 記載の照明光学系。

【請求項 4】 前記照明光生成手段は、回折光学素子を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

【請求項 5】 前記照明光生成手段は、複数の光学素子と、該複数の光学素子を光路中に着脱可能とすることで前記四重極状の光量分布の夫々の部分の大きさ又は前記光軸と前記四重極状の光量分布の夫々の部分との距離のうち少なくとも一方を可変とする切り替え手段と、を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

【請求項 6】 前記四重極状の光量分布の夫々の部分の大きさ又は前記光軸と前記四重極状の光量分布の夫々の部分との距離のうち少なくとも一方を可変とする照明光変位手段を更に有し、

該照明光変位手段は、倍率もしくは焦点距離を可変とする複数のレンズを有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

【請求項 7】 前記四重極状の光量分布の夫々の部分の大きさ又は前記光軸と前記四重極状の光量分布の夫々の部分との距離のうち少なくとも一方を可変とする照明光変位手段を更に有し、

該照明光生成手段は、第1、第2の光学部材と、該第1、第2の光学部材を前記光軸方向に相対移動することで前記四重極状の光量分布の夫々の部分の大きさ又は前記光軸と前記四重極状の光量分布の夫々の部分との距離のうち少なくとも一方を可変とする駆動手段と、を有することを特徴とする請求項1記載の照明光学系。

【請求項 8】 前記第1、第2の透過部材は、プリズムであることを特徴とする請求項7記載の照明光学系。

【請求項 9】 前記四重極状の光量分布の夫々の部分の形状が可変であることを特徴とする請求項1記載の照明光学系。

【請求項 10】 所望のパターンと当該所望のパターンよりも寸法の小さな補助パターンとを有するマスクを照明する請求項1乃至9のうちいずれか一項記載の照明光学系と、

前記マスクのパターンを被処理体に投影する投影光学系とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 11】 光源からの光束により、所望のパターンと当該所望のパターンよりも寸法の小さな補助パターンとを有するマスクを照明する照明光学系と

該マスクのパターンを被処理体に投影する投影光学系とを有し、

前記照明光学系は、前記所望のパターンが解像され、且つ、前記補助パターンの解像が抑制されるように、前記光束を分割し、前記マスクに対して実質的にフーリエ変換の関係となる所定面に光軸を中心とした四重極状の光量分布を形成する照明光生成手段を含み、

前記四重極状の光量分布の対向する2つの部分の重心間の距離は、前記投影光学系の瞳の径を1とした場合に0.32乃至0.90の範囲で可変であることを特徴とする露光装置。

【請求項 12】 請求項10又は11記載の露光装置を用いて被処理体を露

光するステップと、

前記露光された被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般には、照明光学系に係り、特に、半導体素子、液晶表示素子などのデバイスを製造するのに使用される照明光学系に関する。本発明は、例えば、フォトリソグラフィー工程において、被処理体にコンタクトホール列のパターン、あるいは孤立コンタクトヒールとコンタクトホール列とが混在するパターンを投影露光する照明光学系に好適である。

【0002】

【従来の技術】

近年の電子機器の小型化及び薄型化の要請から、電子機器に搭載される半導体素子の微細化への要求はますます高くなっている。例えば、デザインルールは、 100 nm 以下の回路パターン形成を量産工程で達成しようとし、今後は更に 80 nm 以下の回路パターン形成に移行することが予想される。その主流となる加工技術はフォトリソグラフィーであり、マスク又はレチカル（本明細書ではこれらの用語を交換可能に使用する。）に描画されたマスクパターンを投影光学系によってウェハに投影してパターンを転写する投影露光装置が従来から使用されている。

【0003】

投影露光装置の解像度 R は、光源の波長 λ と投影光学系の開口数（NA）を用いて以下のレーリーの式で与えられる。

【0004】

【数1】

$$R = k_1 \times \lambda / NA$$

【0005】

一方、一定の結像性能を維持できる焦点範囲を焦点深度といい、焦点深度D O Fは次式で与えられる。

【0006】

【数2】

$$D O F = k_2 \times \lambda / N A^2$$

【0007】

なお、焦点深度D O Fは小さくなるとフォーカス合わせが難しくなり、基板のフラットネス（平坦度）やフォーカス精度を上げることが要求されるため、基本的に大きい方が好ましい。

【0008】

マスクパターンは、近接した周期的なラインアンドスペース（L & S）パターン、近接及び周期的な（即ち、ホール径と同レベルの間隔で並べた）コンタクトホール列、近接せずに孤立した孤立コンタクトホール、その他の孤立パターン等を含むが、高解像度でパターンを転写するためには、パターンの種類に応じて最適な照明条件を選択する必要がある。

【0009】

また、近年の半導体産業は、より高付加価値な、多種多様なパターンが混在するシステムチップに生産が移行しつつあり、マスクにも複数種類のコンタクトパターンを混在させる必要が生じてきた。しかし、コンタクトホール列と孤立コンタクトホールが混在したコンタクトホールパターンを同時に解像度よく露光することができなかった。

【0010】

そこで、コンタクトホール列や縦横の繰り返し配線パターンのみに限定して、その解像限界を高め、焦点深度を増加する方式が種々提案されている。かかる方式として、例えば、2枚のマスクを用いて異なる種類のパターンを別々に露光する二重露光（又は多重露光）方式や後述する1枚のマスクを特殊な照明条件下で露光を行う方式がある。それ以外にも、マスクパターンに種々の補助パターンを設けて正規パターンの解像力を強化する方式などがある。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述した方式に共通して要求される照明光学系の機能としては、マスクパターンの寸法及び配列がプロセス毎に変化する場合において、照明条件（具体的には、照明光学系の有効光源分布）を自由に変更することができないために、最適な照明条件で露光を行うことができず高解像度を得られないという問題がある。

【0012】

従来の技術においては、通常の円形状の有効光源から輪帯状の有効光源への変換機能、又は、四重極有効光源への切り替え機構の開示はされている。しかしながら、今後のパターンの微細化に対応するためには、同じタイプの有効光源であってもそれを変化させて解像性能を高めることが必要である。

【0013】

そこで、本発明は、マスク上のパターン形状にあわせて、最適な有効光源領域（照明光束の形状）が得られると共に、それぞれの部分有効光源を相対的に変位させることができる照明光学系、露光方法及び装置を提供することを例示的的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての照明光学系は、光源からの光束により、所望のパターンと当該所望のパターンよりも寸法の小さな補助パターンとを有するマスクを照明する照明光学系において、前記所望のパターンが解像され、且つ、前記補助パターンの解像が抑制されるように、前記光束を分割し、前記マスクに対して実質的にフーリエ変換の関係となる所定面に光軸を中心とした四重極状の光量分布を形成する照明光生成手段を有し、前記四重極状の光量分布の夫々の部分の大きさ又は前記光軸と前記四重極状の光量分布の夫々の部分との距離のうち少なくとも一方が可変であることを特徴とする。前記照明光生成手段は、プリズムを有することを特徴とする。前記プリズムは、入射面側が凹面、出射面側が凸面の四角錐面を有することを特徴とする。前記照明光生成手段

は、回折光学素子を有することを特徴とする。前記照明光生成手段は、複数の光学素子と、該複数の光学素子を光路中に着脱可能とすることで前記四重極状の光量分布の夫々の部分の大きさ又は前記光軸と前記四重極状の光量分布の夫々の部分との距離のうち少なくとも一方を可変とする切り替え手段と、を有することを特徴とする。前記四重極状の光量分布の夫々の部分の大きさ又は前記光軸と前記四重極状の光量分布の夫々の部分との距離のうち少なくとも一方を可変とする照明光変位手段を更に有し、該照明光変位手段は、倍率もしくは焦点距離を可変とする複数のレンズを有することを特徴とする。前記四重極状の光量分布の夫々の部分の大きさ又は前記光軸と前記四重極状の光量分布の夫々の部分との距離のうち少なくとも一方を可変とする照明光変位手段を更に有し、該照明光生成手段は、第1、第2の光学部材と、該第1、第2の光学部材を前記光軸方向に相対移動することで前記四重極状の光量分布の夫々の部分の大きさ又は前記光軸と前記四重極状の光量分布の夫々の部分との距離のうち少なくとも一方を可変とする駆動手段と、を有することを特徴とする。前記第1、第2の透過部材は、プリズムであることを特徴とする。前記四重極状の光量分布の夫々の部分の形状が可変であることを特徴とする。

【0015】

本発明の別の側面としての露光装置は、所望のパターンと当該所望のパターンよりも寸法の小さな補助パターンとを有するマスクを照明する上述の照明光学系と、前記マスクのパターンを被処理体に投影する投影光学系とを有することを特徴とする。

【0016】

本発明の更に別の側面としての露光装置は、光源からの光束により、所望のパターンと当該所望のパターンよりも寸法の小さな補助パターンとを有するマスクを照明する照明光学系と、該マスクのパターンを被処理体に投影する投影光学系とを有し、前記照明光学系は、前記所望のパターンが解像され、且つ、前記補助パターンの解像が抑制されるように、前記光束を分割し、前記マスクに対して実質的にフーリエ変換の関係となる所定面に光軸を中心とした四重極状の光量分布を形成する照明光生成手段を含み、前記四重極状の光量分布の対向する2つの部

分の重心間の距離は、前記投影光学系の瞳の径を1とした場合に0.32乃至0.90の範囲で可変であることを特徴とする。

【0017】

本発明の更に別の側面としてのデバイス製造方法は、上述の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、前記投影露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とする。上述の露光装置の作用と同様の作用を奏するデバイス製造方法の請求項は、中間及び最終結果物であるデバイス自体にもその効力が及ぶ。また、かかるデバイスは、例えば、LSIやVLSIなどの半導体チップ、CCD、LCD、磁気センサー、薄膜磁気ヘッドなどを含む。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の例示的一態様である露光装置について説明する。但し、本発明は、これらの実施例に限定するものではなく、本発明の目的が達成される範囲において、各構成要素が代替的に置換されてもよい。なお、各図において、同一の部材については、同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【0019】

図1は、本発明の一側面としての露光装置100の例示的一形態を示す概略構成図である。露光装置100は、図1によく示されるように、照明装置200と、マスク300と、投影光学系400と、プレート500とを有する。

【0020】

露光装置100は、例えば、ステップ・アンド・リピート方式やステップ・アンド・スキャン方式でマスク300に形成された回路パターンをプレート500に露光する投影露光装置である。かかる露光装置は、サブミクロンやクオーターミクロン以下のリソグラフィー工程に好適であり、以下、本実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（「スキャナー」とも呼ばれる）を例に説明する。ここで、「ステップ・アンド・スキャン方式」は、マスクに対してウェハを連続的にスキャンしてマスクパターンをウェハに露光すると共に、1ショ

ットの露光終了後ウェハをステップ移動して、次のショットの露光領域に移動する露光方法である。また、「ステップ・アンド・リピート方式」とは、ウェハのショットの一括露光ごとにウェハをステップ移動して次のショットの露光領域に移動する露光方法である。

【0021】

照明装置200は、転写用の回路パターンが形成されたマスク300を照明し、光源部210と照明光学系220とを有する。

【0022】

光源部210は、例えば、光源としてレーザーを使用する。レーザーは、波長約193nmのArFエキシマレーザー、波長約248nmのKrFエキシマレーザー、波長約153nmのF₂レーザーなどを使用することができるが、レーザーの種類はエキシマレーザーに限定されず、そのレーザーの個数も限定されない。また、レーザープラズマ光源を用いて、EUV (Extreme ultraviolet) 光を使用することもできる。また、光源部210に使用可能な光源はレーザーに限定されるものではなく、一又は複数の水銀ランプなどのランプも使用可能である。

【0023】

照明光学系220は、光源部210から射出した光束を用いて所望のパターンを有する被照射面（例えば、マスク300）を照明する光学系であり、本実施形態では、光束整形光学系221と、集光光学系222と、オプティカルパイプ（光束混合手段）223と、ハエの目レンズ224と、絞り部材225と、照射レンズ226と、視野絞り227と、結像レンズ228a及び228bと偏向ミラー229と、照明光生成手段240と、照明光変位手段250とを有する。

【0024】

光源部210から発せられた照明光束は、光束整形光学系221により所望の光束形状に変換され、集光光学系222にて、オプティカルパイプ223の入射面223a近傍に集光されている。集光光学系222は、後段の照明光変位手段250が変倍しても、ハエの目レンズ224へ入射する光束の角度を適正にするために、射出角度の異なる集光光学系222aと交換可能な構成となっている。

【0025】

なお、オプティカルパイプ223がガラス棒で構成されている場合には、ガラス棒の耐久性を高めるために、集光光学系222（又は222a）による集光点Pは、オプティカルパイプ223の入射面223aより光源部210側にデフォーカスされている。

【0026】

オプティカルパイプ223から射出した照明光束は、照明光生成手段240及び照明光変位手段250を通過してハエの目レンズ（多光束発生手段）224に入射する。本実施形態では、かかるハエの目レンズ224の射出面224b近傍に形成される光量（光強度）分布と後述の絞り部材225の開口形状が有効光源分布を決定し、露光装置100の結像性能に大きく寄与する。

【0027】

ハエの目レンズ224の射出面224b近傍は2次光源（有効光源）となっており、そこには不要光を遮光して所望の有効光源を形成するため、絞り部材225が配置されている。絞り部材225は、図示しない絞り部材駆動機構により、開口の大きさ及び形状が可変となっている。

【0028】

照射レンズ226は、ハエの目レンズ224の射出面224b近傍で形成された2次光源を、視野絞り227上に重畠照明している。視野絞り227は、複数の可動な遮光板から成り、任意の開口形状が形成されるようにして、被照射面であるマスク300面上の照明領域を規定している。

【0029】

228a及び228bから構成される結像レンズは、偏向ミラー229を介して視野絞り227の開口形状を被照射面であるマスク300上に結像している。

【0030】

ここで、照明光生成手段240及び照明光変位手段250について詳細に説明する。

【0031】

照明光生成手段240は、照明条件（四重極照明、輪帯照明など）に応じて、

オプティカルパイプ 223 からの光束を四重極状や輪帯状に変換するための透過部材である変形照明形成素子 242 を含んでいる。図 2 に示すように、従来からよく知られている光軸を中心とした四重極状の発光部 A を有する有効光源分布（即ち、光量分布）を形成させる場合、変形照明形成素子 242 は、図 3 に示すような、入射側（即ち、入射面）に凹四角錐面（もしくは、平面） 242a を設け、射出側（即ち、射出面）に凸四角錐面 242b を設けたプリズム 242 とする。このとき、入射面と射出面における四角錐の稜線 242c 及び 242d と光軸とが成す角 θ_1 及び θ_2 は等しくてもよいし、照明効率を向上もしくは四重極状に発光する領域（図 2 の発光部 A）を変化させるために、入射側の角度 θ_1 と射出側の角度 θ_2 を異ならせてよい。ここで、図 2 は、四重極形状の有効光源分布を示す概略図、図 3 は、図 2 に示す有効光源分布を形成するためのプリズム 242 を示す概略図である。

【0032】

本実施形態では、照明光生成手段 240 は、光軸を中心とした四重極状の有効光源分布を形成する。しかし、照明光生成手段 240 が形成する有効光源分布は、四重極状に限るものではなく、例えば、プリズム 242 の頂点を所定量だけ平らにすることで四重極状の有効光源に加えて真中にも有効光源をもつ五重極有効光源分布を形成することも可能であり、円錐状のプリズムを用いて輪帯状の有効光源分布を形成することもできる。

【0033】

図 2においては、紙面に対して斜め方向に分割された四重極状分布の例を示したが、プリズム 242 を光軸に対して任意の回転位置に変更可能とし、例えば紙面上下左右方向に分割した四重極分布を形成させることも可能である。

【0034】

また、プリズム 242 の近傍に適当な絞り部材を配置し、4重極状分布の各々を略円形状に形成させてもよい。

【0035】

また、照明光生成手段 240 を、図 4 及び図 5 に示すような、一対のプリズム 244（凸形状4面体を有するプリズム 244a と凹形状4面体を有するプリズ

ム244b)で構成し、プリズム244a及び244bを光軸方向に相対移動可能な駆動手段245を設ければ、より多用な有効光源分布の形成が可能となる。図4及び図5は、図2に示す有効光源分布を形成するための一対のプリズム244を示す概略図であって、図4は、一対のプリズム244の間隔Lが小さい場合、図5は、一対のプリズム244の間隔Lが大きい場合を示している。

【0036】

図4を参照するに、一対のプリズム244の間隔Lが小さいとき、図6で示すように、四重極状の発光部Aの長さA1が大きく、無発光部Bの幅B1が小さい四重極有効光源分布が形成される。図6は、図4に示す一対のプリズム244のプリズム間隔Lと形成される有効光源形状の関係を示す概略図である。

【0037】

一方、図5を参照するに、一対のプリズム244の間隔Lが大きいときは、図7で示すように、発光部Aの長さA1が小さく、無発光部Bの幅B1が大きい四重極有効光源分布が形成される。図7は、図5に示す一対のプリズム244のプリズム間隔Lと形成される有効光源形状の関係を示す概略図である。

【0038】

従って、マスク300上のパターンに応じて、それに有効な発光部Aと無発光部Bの相対比（光量比もしくは大きさ）を調整することが可能となる。

【0039】

更に、後段の照明光変位手段250と組み合わせれば、発光部Aと無発光部Bの相対比を維持したまま、有効光源分布の大きさ（σ値）を調整することが可能となる。

【0040】

つまり、上記の組み合わせにより四重極分布の大きさと位置（光軸からの距離）を任意に変更することができる。

【0041】

図4及び図5では、光源部210側のプリズム244bの入射側を凹形状4面体、射出側を平面とし、マスク300側のプリズム244aの入射面を平面、射出側を凸形状4面体としたが、光源部210側のプリズム244bの入射面を平

面、射出側を凹形状4面体とし、マスク300側のプリズム244aの入射面を凸形状4面体、射出側を平面とすることももちろん可能である。但し、異なる形状を一对のプリズムとして接近させる場合は、図4及び図5に示す構成の方が好ましい。

【0042】

また、照明光生成手段240は、図8に示すように、複数の変形照明形成素子242を切り替える切り替え手段260を有するように構成してもよい。図8は、切り替え手段260を有する照明光学系220の要部拡大構成図である。

【0043】

切り替え手段260は、図9に示すように、ターレット状になっていて、その回転中心をTT'とし、その周囲に複数の変形照明形成素子242を配置している。複数の変形照明形成素子242は、上述したプリズム242又は後述する回折光学素子246でもよく、さらには、図示しないズーミング手段により有効光源の一部を変位可能とするものであってもよい。また、それぞれの素子は、ズーミング手段をもたず有効光源分布を固定ではあるが、それらを互いに切り替えることにより、ターレット全体として部分ズーミング機能をもたせることもできる。

【0044】

照明光変位手段250は、オプティカルパイプ223の射出面223bからの光束をハエの目レンズ224の入射面224aに集光し、照明光生成手段240が形成した有効光源分布（光量分布）の大きさを変位させる。照明光変位手段250は、図10に示すように、例えば、複数のズームレンズ252より構成され、照明光生成手段240が形成した有効光源分布を所定の倍率でハエの目レンズ224の入射面224aに結像させており、双方が互いに略共役関係となっている。ここで、図10は、図1に示す照明光学系220の要部拡大構成図である。照明光変位手段250は、照明光生成手段240が形成した図2に示す四重極状に発光する領域（発光部A）の大きさを変更する。従って、照明光変位手段250を構成するズームレンズ252を適当に選択することにより、マスク300上に形成されたパターンに応じて、有効光源分布の大きさ（即ち、発光部Aの大き

さ）を最適にすることができる。また、照明光生成手段250を変倍可能のズームレンズ、例えば、図示しない駆動機構によりズームレンズ252を光軸に沿って移動可能に構成することで、複数のズームレンズ252の間隔を変更し、ハエの目レンズ224へ入射する光束領域を調整することができ、複数の照明条件を形成させることができる。なお、照明光変位手段250は、四重極状の有効光源分布全体を変位させるのではなく、照明光生成手段240が分割した光束それぞれ、即ち、四重極状の有効光源の一つの部分を変位させるように構成してもよい。

【0045】

また、照明光変位手段250は、照明光生成手段が形成する有効光源分布（光量分布）と光軸との距離を変位させることもできる。本実施形態においては、図2に示す四重極状に発光する領域（発光部A）と光軸との距離が変位可能となる。

【0046】

従って、照明光生成手段240及び照明光変位手段250によって、マスク300上に形成されたパターンに応じて、最適な有効光源分布の大きさ、有効光源分布と光軸との距離及び有効光源分布の形状を最適に調整することができ、本実施形態においては、図2に示す四重極状の発光部A（それに従う無発光部B）を任意に設定することが可能となる。

【0047】

以上の実施形態では、オプティカルパイプ223とハエの目レンズ224との間に照明光生成手段240を配置していたが、オプティカルパイプ223に換えてさらに第2のハエの目レンズ324を使用してもよく、その場合には、第2のハエの目レンズ324とハエの目レンズ224との間に照明光生成手段240を配置すればよい。

【0048】

図11は、第2のハエの目レンズ324を使用した例である。オプティカルパイプ223を使用した例の場合、間にある光学系250は倍率可変の結像レンズであったが、本例において2つのハエの目レンズの間にある光学系は、第2のハ

エの目レンズ324後ろ側に形成される複数の光源像からの光束がハエの目レンズ224の入射面を所謂ケーラー照明する光学系となっている。また、ハエの目レンズ224入射面における分布の大きさを変えるために焦点距離可変のズームレンズとなっている。

【0049】

本例では、プリズム等から構成される照明光形成手段240は、ハエの目レンズ224の入射面近傍、もしくは光学的にその共役位置近傍に配置される。

【0050】

また、照明光生成手段240を、回折光学素子246で構成すれば、多様な有効光源形状の形成が可能となる。回折光学素子246は、垂直に入射した光束を所望の方向に回折させる機能を有する。

【0051】

回折光学素子246は、例えば、BO (Binary Optics) やCGH (Computer Generated Hologram) の技術を用いて作製される。従って、回折光学素子としての機能を有するための微細加工（即ち、位相分布の形成）が許す範囲内であれば、マスク300上に形成されたパターンに応じて、いかなる有効光源形状も容易に作成することができる。

【0052】

図12は、回折光学素子246を使用した場合の光学系の例である。回折光学素子は、ハエの目レンズ224入射面に対して光学的にフーリエ変換の関係の位置近傍（図12において、第2のハエの目レンズ324の後ろ側焦点位置近傍）に配置される。ただし、厳密には回折光学素子の耐久性や回折効果の点から第2のハエの目レンズ324の後ろ側焦点位置からは所定量（数mmから数十mm）離れた位置に配置するのが望ましい。切り替え手段260により複数の回折光学素子から一つを選択し、光路中に配置することにより、所望の形状の光量分布をハエの目224入射面に形成することが可能である。もちろん、回折光学素子を光路から待避させ照明を行うことも可能である。

【0053】

回折光学素子を使用する場合の第2のハエの目レンズ324を構成する個々の

レンズは、図13（a）の324（a）に示すような薄い単レンズではなく、前側（入射側）焦点面がその入射面にほぼ一致するような光学系であることが望ましい。例えば、図13（b）に示すように2つの構成要素からなるハエの目レンズ324（b）のような形態が望ましい。もちろん、上記要件を満たせば厚い単レンズでもかまわないし、シリンドリカルレンズを複数組み合わせて構成してもよい（例えば、特公平4-78002号公報に記載されている2組のシリンドリカルレンズ集合体のように構成する）。このような構成にすることにより、第2のハエの目レンズ324に入射する光線の角度が変化しても、回折光学素子246に入射する光線の角度は不变となり、従ってハエの目レンズ224入射面における分布も変化することはない。

【0054】

上記のように回折光学素子を使用した光学系の場合ハエの目レンズ224入射面における光分布は、第2のハエの目レンズ324の射出角度分布、回折光学素子の回折パターンによりその形状が決定され、ズームレンズ350の焦点距離によってその大きさが決定される。

【0055】

例えば、第2のハエの目レンズがシリンドリカルレンズを複数組み合わせたもので構成されている場合、その射出角分布は矩形状になる。したがって、回折光学素子の持っている本来の回折パターン（垂直光を入射した時の回折パターン）に対して矩形状の角度分布分だけの形状の分布がハエの目レンズ224の入射面に形成される。従って、回折光学素子の回折パターンは、その入射角度分布を考慮した上でハエの目レンズ224の入射面での光分布が所望の形状になるようなパターンにする必要がある。もちろん、ハエの目レンズ224入射面の光量分布を変更するために第2のハエの目レンズを別の射出角分布を持つものに切り替えるてもよい。

【0056】

なお、この発光部Aと無発光部Bを有する有効光源分布を形成する照明光学系220により、所望のパターンと補助パターンを有する所定のマスクを照明すると、コンタクトホール列や縦横の繰り返し配線パターンの解像限界を高め、焦点

深度を増加することができる。以下、その詳細について述べる。

【0057】

図1のマスク300として、図14に示すマスク300aのような所望のコンタクトホールパターンが所定の周期で配置され、その周辺に補助パターン（ダミーパターン）が配置されたものを使う。ここで、図14は所望のコンタクトホールパターン及び補助パターンを形成したバイナリマスクの概略図である。図14のマスクは、透光部である所望のコンタクトホールパターン31及び補助パターン32と、遮光部33とから構成されている。コンタクトホールパターン31及び補助パターン32は、ホール径をPとするとき縦横方向にピッチ $P_0 = 2P$ で整列して、コンタクトホール列を2次元的に形成する。

【0058】

このマスク300aに対して、コンタクトホールを解像するための十字斜入射照明（以下強調照明部と呼ぶ）と、その十字斜入射照明によって生じる偽解像を抑制する（即ち、偽解像パターンに対応する露光量は抑え（露光量の増加小）、所望のコンタクトホールパターンの露光量を強調する（露光量の増加大））ような照明（以下抑制照明部と呼ぶ）を行うことで、所望のコンタクトホールパターンをプレート500に解像力良く露光することができる。以下、その詳細について述べる。

【0059】

コンタクトホールのピッチが小さいと図14のマスク300aを用いて小σ照明をした場合には、投影光学系400の瞳面における回折光は、0次回折光を除き他の回折光は瞳外へ外れてしまう。図15（a）に示すように、0次回折光10が生じ、他の回折次数の回折光は瞳面上において、回折光11乃至18のようになる。よって、0次以外の回折光は投影レンズの瞳の外へ出てしまい、このような条件のもとではパターンが形成されない。ここで、図15（a）は、図14に示すマスク300aに小σ照明したときの投影光学系400の瞳面上の回折光の位置を示した模式図である。

【0060】

そこで、これらの回折光11乃至18が瞳に入るような照明をする必要がある

。例えば、2つの回折光10及び15を例にとって、かかる回折光が図15（a）に示す投影光学系400の瞳面の中に入るようとするには、図15（b）に示すように0次光10を移動（斜入射照明）すればよい。このような斜入射照明を行うことにより0次回折光10と回折光の一つ15が投影光学系400の瞳の両端に入射することになり、その2つの回折光が瞳に入射し、両者の干渉によりプレート500に等ピッチの直線状の干渉縞が形成される。

【0061】

図16は、ある微細なピッチのマスクパターンにたいして、斜入射照明時の0次光と1次光の関係を示したものである、領域aの0次光に対して、±1次光がb、cのように発生する。本図において、領域aの形状は、0次光（照明光）の0次光以外の回折光の1つが瞳内に入る形状である。投影光学系の瞳の左右に書かれた円は、投影光学系の瞳径と同じ直径を持ち、かつ所定量（図13の10と15の間隔）だけ中心が瞳径中心から離れた位置としている。言い換えれば、領域a内にすべての0次光がある斜入射照明の場合、その0次光以外の回折光の1つが瞳内に入ることになり、両者の干渉によりプレート500に等ピッチの直線状の干渉縞が形成される。

【0062】

同様に、図16の領域bを0次光とする斜入射照明の場合も、その0次光以外の回折光の1つが瞳内に入る（領域a）ことになる。

【0063】

このような2つの円の合致領域である流線型の有効光源領域（0次光領域）を図17に示すように4つ組み合わせることにより、プレート500には縦と横の等ピッチ直線状の干渉縞が形成され、光強度の重なった交点に強度が大きい部分と小さい部分が2次元周期的に現れる。つまり、図17に示した4つの斜線部分が前述の強調照明部となり、それ以外の部分（投影光学系瞳径内のうちの斜線部以外の部分）が抑制照明部となる。

【0064】

マスクパターンのピッチ（P0）に対する強調照明部の位置は、対向する2つの強調照明部の位置関係が、図15に示す外側の間隔（ σ 換算=投影光学系の瞳

の径を1としたときの値) をLb、内側の間隔をLa、投影光学系のNAをNA0、露光する波長をλとすると、以下の数式3で表される。

【0065】

【数3】

$$Lb = 1$$

$$La + Lb = \lambda / (P0 \times NA0)$$

$$\text{つまり } La = \lambda / (P0 \times NA0) - 1$$

【0066】

ただし、0次光以外には、1つのみの回折光が入るという条件を考えるとLaは、 $0 < La < 1$ の範囲に限定された条件の必要がある。

【0067】

最初に述べたように、投影光学系の解像度R(=パターンのピッチP0の $1/2$)は、 $R = K1 \times \lambda / NA$ で表される。解像力Rの原理的限界は、0次光と1次光の中心がそれぞれ投影光学系瞳面の外周に対向している場合であり、 $K1 = 0.25$ 相当のパターン幅である。 $K1 = 0.38$ 程度以上相当のパターン幅の場合、例えば輪帯照明等を用いれば比較的容易に解像し、本発明のような補助パターン+斜入射照明を行う必要がない。本発明では $K1 = 0.38$ 程度以下のパターン幅の解像を目的としている。NA0.80、露光光KRFレーザー(248nm)の場合、上記K1は120nm程度以下のパターン幅に相当する。

【0068】

$K1 = R \times NA0 / \lambda = P0 \times NA0 / 2\lambda$ 、つまり $\lambda / (P0 \times NA0) = 1 / 2K1$ 、より数式3に代入すると、 $K1 = 0.38$ 程度以下のパターン幅に対応するLaは0.32以上となる。

【0069】

図14に示すマスク300aでは、所望のコンタクトホールパターンのホール径の大きさが、補助パターンより大きくしてあるので、その部分のみ周辺より強度が大きく、所望のコンタクトホールパターンがプレート500に形成されるこ

とになる。しかしながら、単に十字型の斜入射照明（強調照明部のみの照明）をしただけでは、プレート500には、図18（a）及び（b）に示すように偽解像パターンが生じてしまい、所望のコンタクトホールパターン以外にも不必要的パターンが生まれてしまう（ここで、図18は右側の開口絞りの開口形状に対応したプレート500での解像パターンのシミュレーションを示した図である）。

【0070】

つまり、露光量で考えると、図19に示す細い実線で描かれた波線のようになり、所望径露光量レベル（レジストの閾値）においては、所望パターンP₁の間に偽解像パターンP₂が生じてしまっているのである（ここで、図19は十字斜入射照明及び本発明の変形照明における露光量及び当該露光量に対応するプレート500での像を示した図である）。

【0071】

そこで、強調照明部のみではなく、少なくとも1つの回折光のみ瞳面に入射する有効光源分布（強調照明部以外の照明部＝抑制照明部）を加える。この場合は一つの回折光としては0次光とするのが斜入射角を小さくできるので都合が良い。

【0072】

このように、照明系は、2つの回折光が瞳に入射する有効光源分布（強調照明部内の照明：図20（a）塗りつぶし領域A参照）と、1つの回折光が瞳に入射する有効光源分布（抑制照明部内の照明：図20（b）塗りつぶし領域B参照）を足し合わせた、図20（c）塗りつぶし領域Cのような四重極の各領域が強調照明部と抑制照明部をまたがっている有効光源を持つ変形照明を行うことができる。このような有効光源分布を有する変形照明を行うことで、プレート500面上では、図18（c）に示すように偽解像が消滅して所望のパターンのみを得られることが理解される。

【0073】

つまり、プレート500での露光量は図19に示す太い実線で描かれた波線のようになり、所望径露光量レベル（レジストの閾値）において、マスクの所望のパターンに相当する部分の露光量のみが増加され、偽解像パターンが消失した所

望パターン P₃のみを得ることができるるのである。

【0074】

以上より、図14のマスク300aに対して、図20(c)のような有効光源分布を有する変形照明を行うことで、コンタクトホールパターンの解像力が良くなることがわかる。

【0075】

強調照明部の対向する2つの分布の間隔 (L_a) は投影光学系の瞳径に対して 0.32 以上の比率が必要であることは前に述べた。また、上記有効光源により所望のパターンを解像するには、抑制照明部の光量よりも強調照明の光量が大きいことが望ましい。従って、対向する2つの分布それぞれの重心位置間の距離は瞳径に対して 0.32 以上の比率であることが望ましい。また、前記重心位置間の距離が瞳径に対して大きくなりすぎると、照明光 (0次光) そのものが瞳径以上になってしまい、照度の低下や解像不良等を引き起こしてしまう。従って、前記重心位置間の距離の瞳径に対する大きさは最大でも 0.90 程度であることが望ましい。つまり前記重心位置間の距離の瞳径に対する大きさは 0.32 から 0.90 程度まで可変であることが望ましい。

【0076】

強調照明部の範囲は、パターンのピッチによって変わる。また、補助パターンの大きさにより、最適な強調照明光量／抑制照明光量比も変わってしまう。

【0077】

本発明においては、パターンのピッチの変更や補助パターンの大きさの変更に応じて、上記重心位置間の距離や各四重極状分布の大きさを変更し、最適な照明ができるようにしている。

【0078】

再び、図1に戻って、マスク300は、例えば、石英製で、その上には転写されるべき回路パターン（又は像）が形成され、図示しないマスクステージに支持及び駆動される。マスク300から発せられた回折光は投影光学系400を通りプレート500上に投影される。マスク300とプレート500とは共役の関係に配置される。露光装置100は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置

であるため、マスク300とプレート500を走査することによりマスクパターンをプレート500上に縮小投影する。

【0079】

投影光学系400は、物体面（例えば、マスク300）からの光束を像面（例えば、プレート500などの被処理体）に結像する。投影光学系400は、複数のレンズ素子のみからなる光学系、複数のレンズ素子と少なくとも一枚の凹面鏡とを有する光学系（カタディオプトリック光学系）、複数のレンズ素子と少なくとも一枚のキノフォームなどの回折光学素子とを有する光学系、全ミラー型の光学系等を使用することができる。色収差の補正の必要な場合には、互いに分散値（アッペ値）の異なる材料からなる複数のレンズ素子を使用したり、回折光学素子をレンズ素子と逆方向の分散が生じるように構成したりする。

【0080】

プレート500は、本実施形態ではウェハであるが、液晶基板、球状半導体その他の被処理体（被露光体）を広く含む。プレート500には、フォトレジストが塗布されている。フォトレジスト塗布工程は、前処理と、密着性向上剤塗布処理と、フォトレジスト塗布処理と、プリベーク処理とを含む。前処理は、洗浄、乾燥などを含む。密着性向上剤塗布処理は、フォトレジストと下地との密着性を高めるための表面改質（即ち、界面活性剤塗布による疎水性化）処理であり、HMDS（Hexamethyl-disilazane）などの有機膜をコート又は蒸気処理する。プリベークは、ベーキング（焼成）工程であるが現像後のそれよりもソフトであり、溶剤を除去する。

【0081】

プレート500は、図示しないプレートステージに支持される。プレートステージは、当業界で周知のいかなる構成をも適用することができるので、ここでは詳しい構造及び動作の説明は省略する。例えば、プレートステージはリニアモータを利用してXY方向にプレート500を移動することができる。マスク300とプレート500は、例えば、同期走査され、図示しないプレートステージ及びマスクステージの位置は、例えば、レーザー干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。プレートステージは、例えば、ダンパを介して床

等の上に支持されるステージ定盤上に設けられ、マスクステージ及び投影光学系400は、例えば、鏡筒定盤は床等に載置されたベースフレーム上にダンパ等を介して支持される図示しない鏡筒定盤上に設けられる。

【0082】

露光において、光源部210から発せられた光束は、照明光学系220によりマスク300を照明する。マスク300を通過してマスクパターンを反映する光は投影光学系400によりプレート500に結像される。

【0083】

露光装置100が使用する照明光学系200は、マスク300に形成された所望のパターンに応じて最適な照明条件でマスク300を照明することができるの、高い解像度とスループットで経済性よくデバイス（半導体素子、LCD素子、撮像素子（CCDなど）、薄膜磁気ヘッドなど）を提供することができる。

【0084】

次に、図21及び図22を参照して、上述の露光装置100を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。図21は、デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3（ウェハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ4（ウェハプロセス）は前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィー技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0085】

図22は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ス

ップ11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、露光装置100によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ18（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となつたレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態のデバイス製造方法によれば従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。

【0086】

以上、本発明の好ましい実施例を説明したが、本発明はこれらに限定されずその要旨の範囲内で様々な変形や変更が可能である。

【0087】

【発明の効果】

本発明の照明光学系によれば、マスク上のパターン形状にあわせて、最適な有効光源領域（照明光束の形状）が得られると共に、それぞれの有効光源を相対的に変位させることができ、高い解像力を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一側面としての露光装置の例示の一形態を示す概略構成図である。

【図2】 四重極状の有効光源分布を示す概略図である。

【図3】 図2に示す有効光源分布を形成するためのプリズムを示す概略図である。

【図4】 図2に示す有効光源分布を形成するための一対のプリズムを示す概略図である。

【図5】 図2に示す有効光源分布を形成するための一対のプリズムを示す概略図である。

【図 6】 図4に示す一対のプリズムのプリズム間隔と形成される有効光源形状の関係を示す概略図である。

【図 7】 図5に示す一対のプリズムのプリズム間隔と形成される有効光源形状の関係を示す概略図である。

【図 8】 複数の変形照明形成素子を切り替える切り替え手段を有する照明光学系の要部拡大図である。

【図 9】 切り替え手段と変形照明形成素子を有する照明光生成手段の一例を示す平面図である。

【図 10】 図1に示す照明光学系の要部拡大構成図である。

【図 11】 照明光学系として第2のハエの目を使用した場合の配置例を示した図である。

【図 12】 回折光学素子を使用した時の配置例を示した図である。

【図 13】 第2のハエの目と回折光学素子の配置を示した図である。

【図 14】 バイナリマスクの概略を示す図である。

【図 15】 図14に示すバイナリマスクに小σ照明したときの瞳面上の回折光の位置と、斜入射照明をしたときの回折光の移動する位置を示した模式図である。

【図 16】 ある微細なピッチのパターンにたいして、斜入射照明時の0次光と1次光の関係を示した図である。

【図 17】 2つの円の合致領域である流線型の有効光源領域（0次光領域）を4つ組み合わせた図である。

【図 18】 パターン面上での解像パターンのシミュレーションを示した図である。

【図 19】 変形照明における露光量及び当該露光量に対応するパターン上での像を示した図である。

【図 20】 有効光源分布を説明するための模式図である。

【図 21】 デバイス（I CやL S Iなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。

【図 22】 図21に示すステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャ

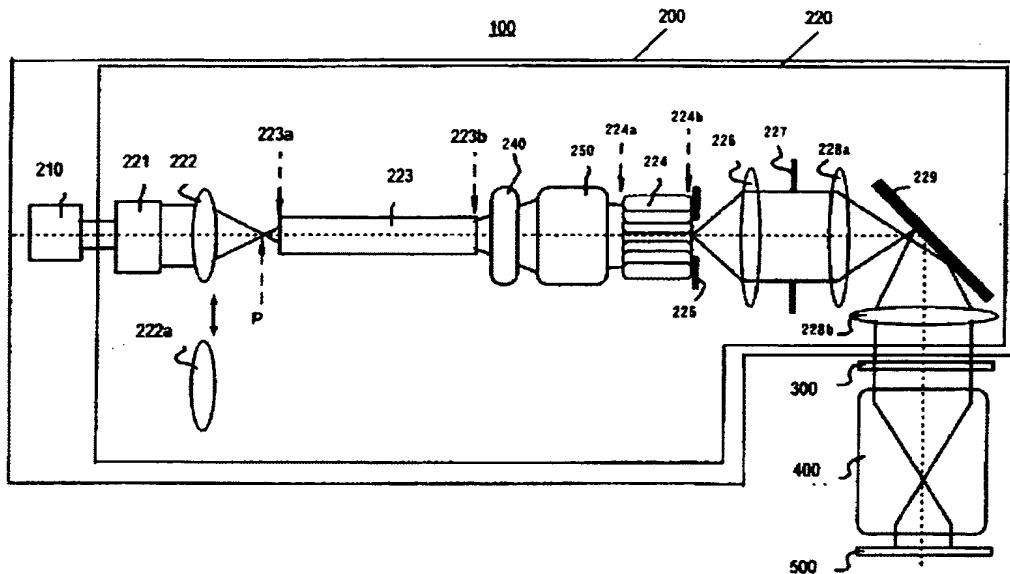
ートである。

【符号の説明】

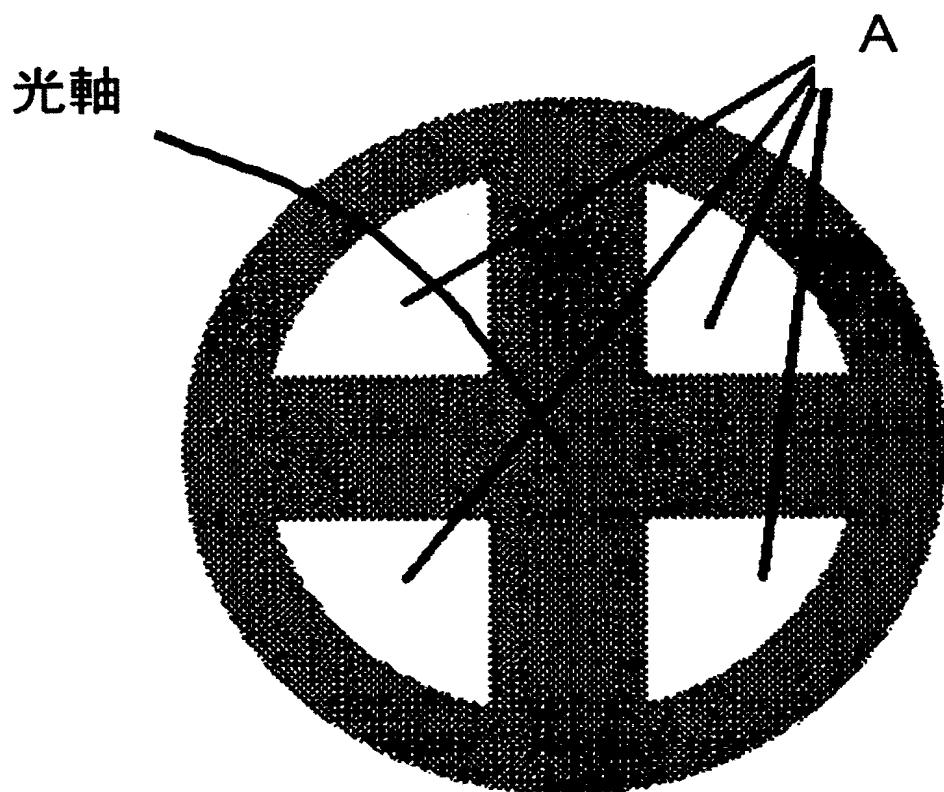
100	露光装置
200	照明装置
210	光源部
220	照明光学系
240	照明光生成手段
242	変形照明形成素子
250	照明光変位手段
300	マスク
400	投影光学系
500	プレート

【書類名】 図面

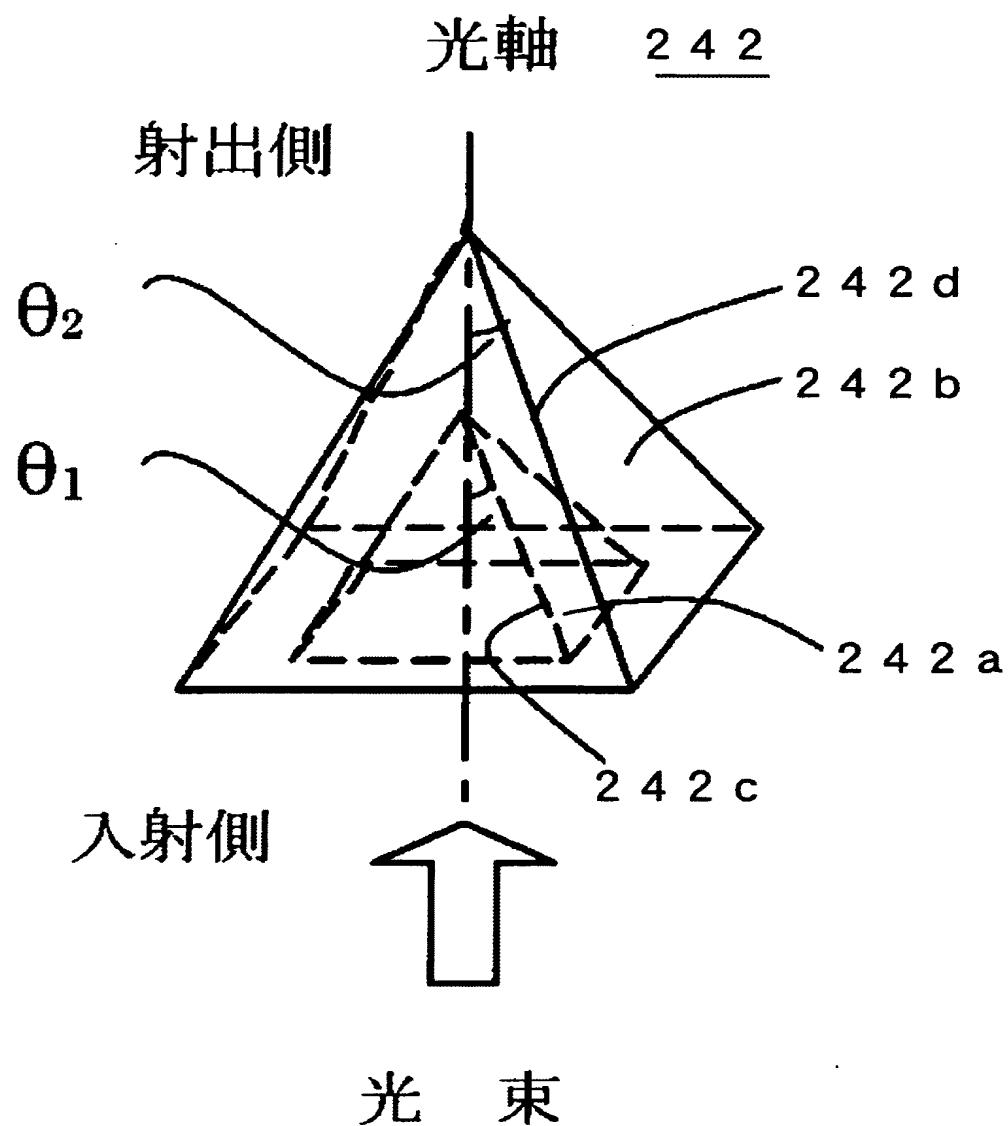
【図1】



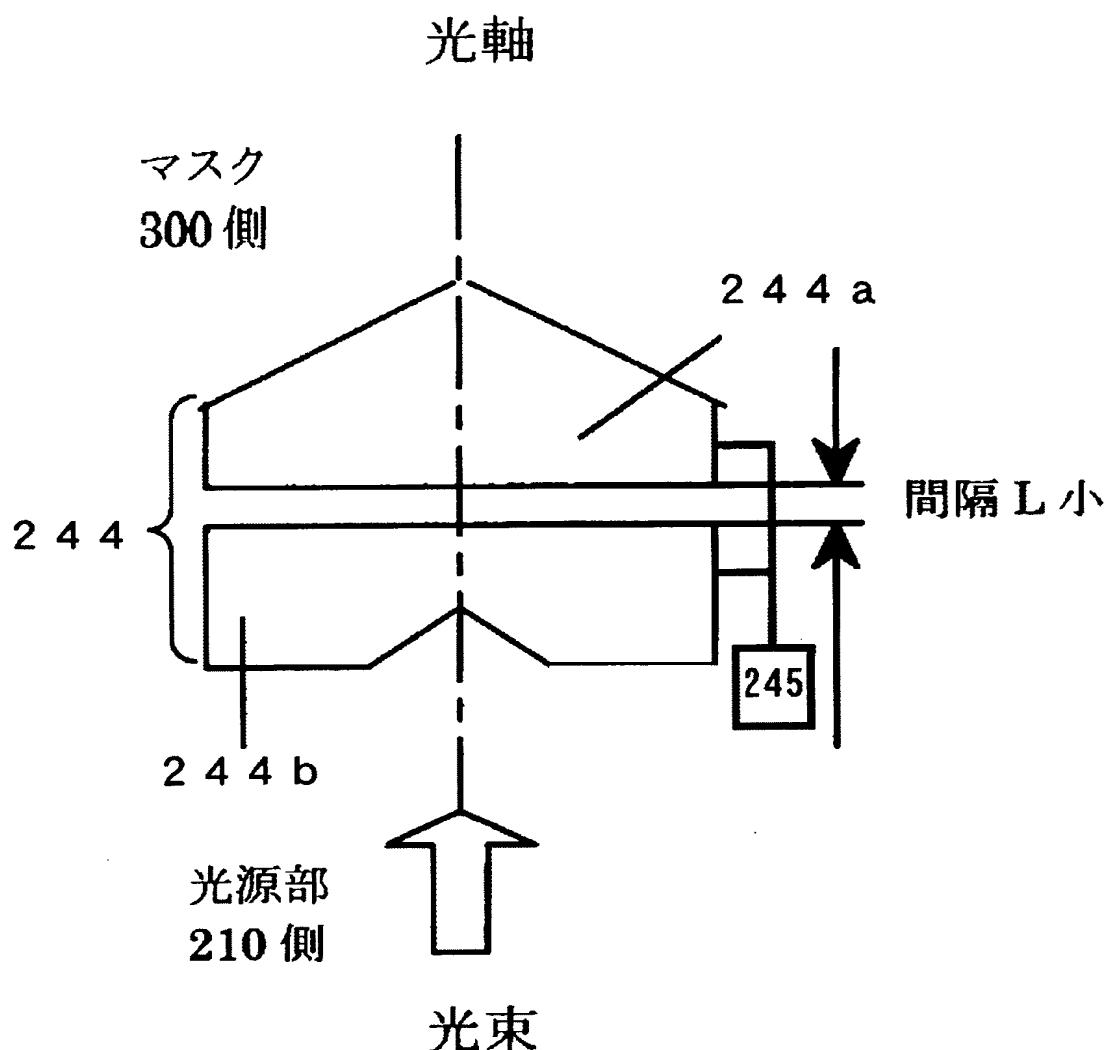
【図2】



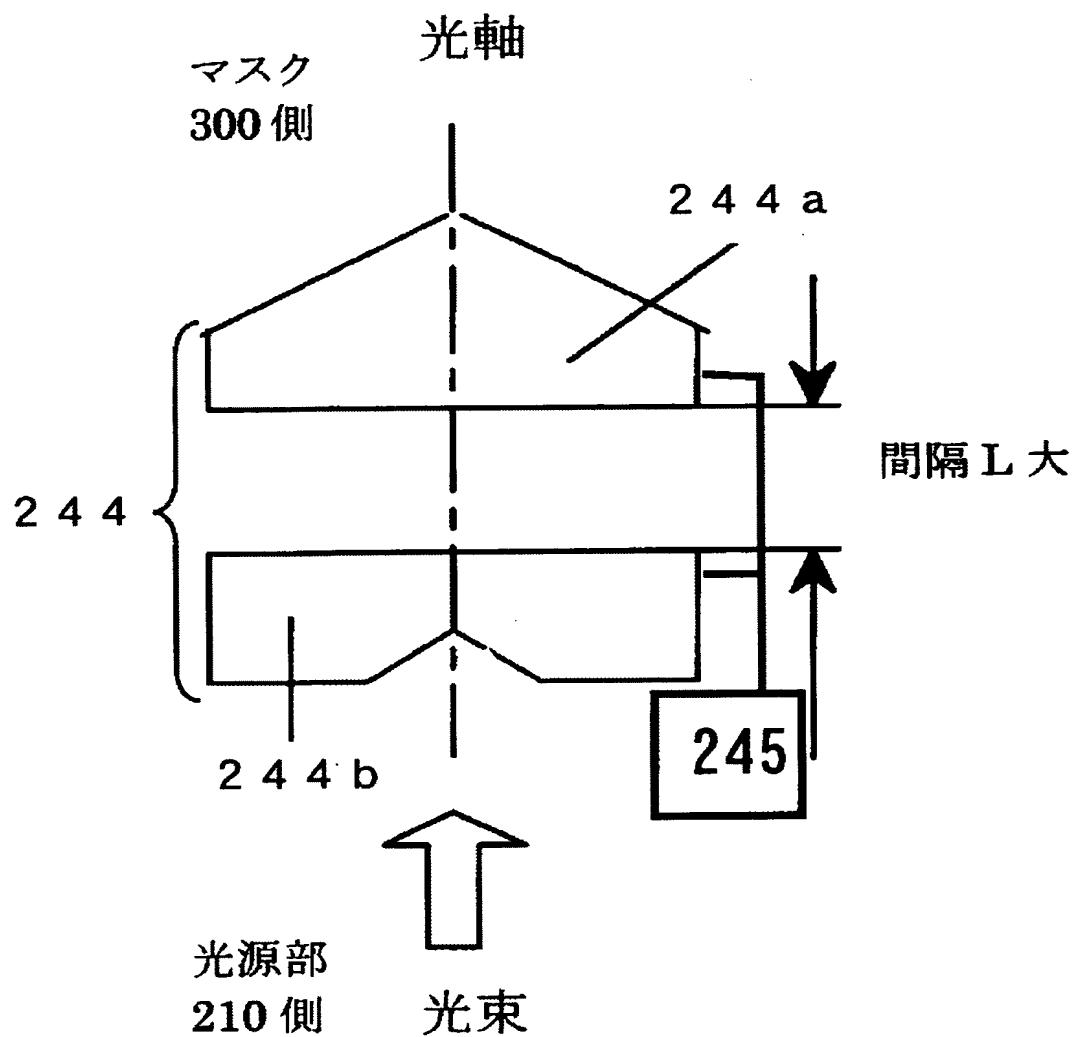
【図3】



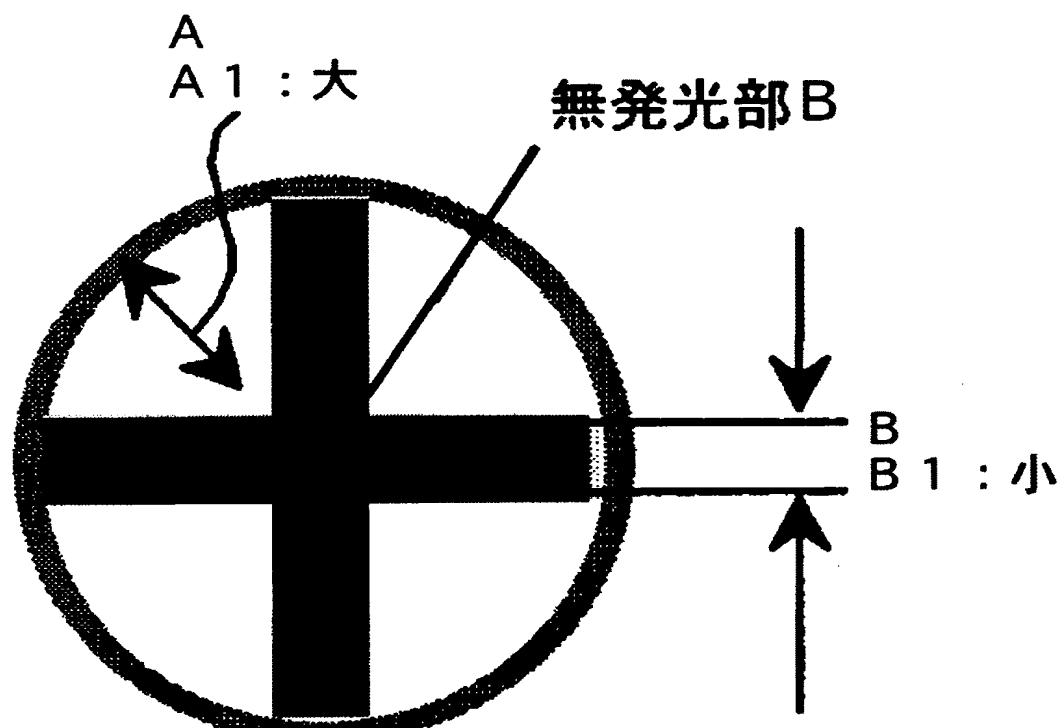
【図4】



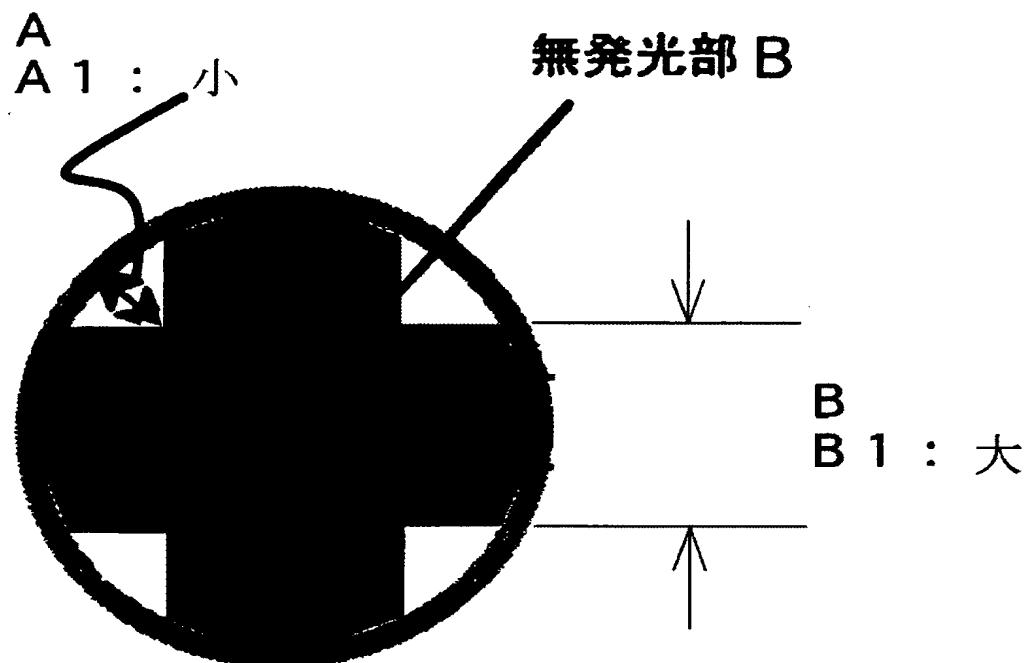
【図 5】



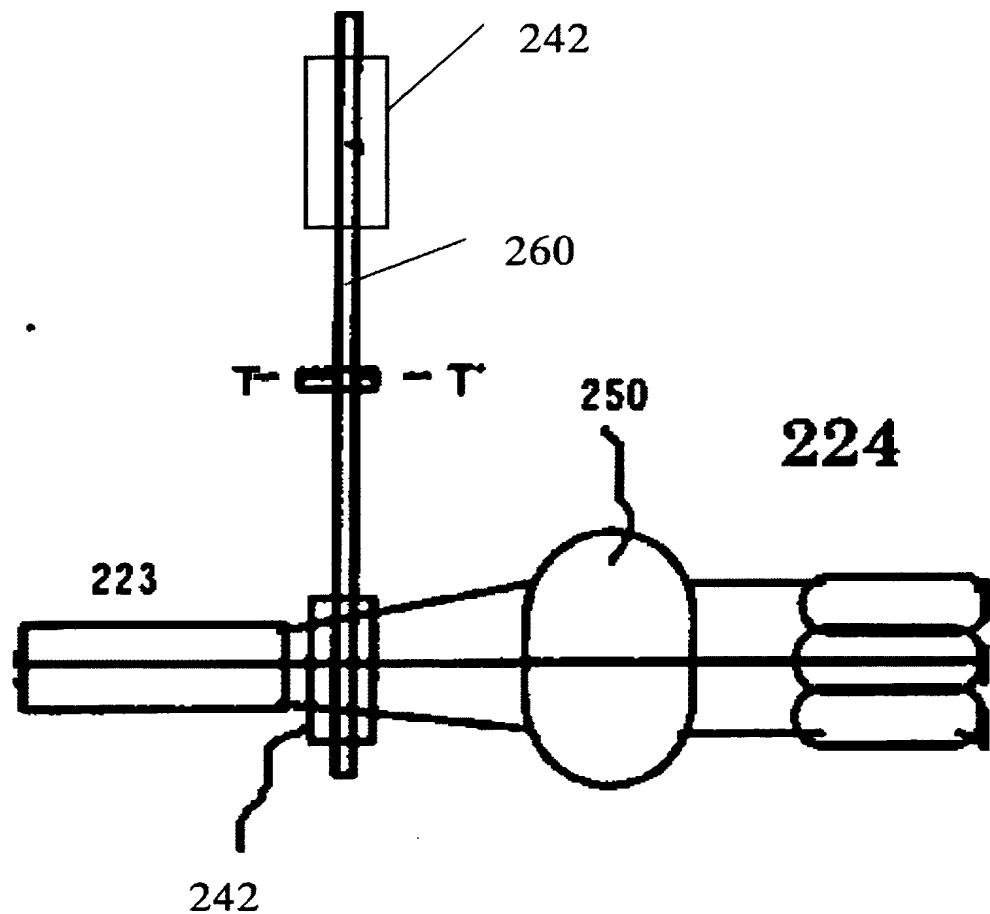
【図 6】



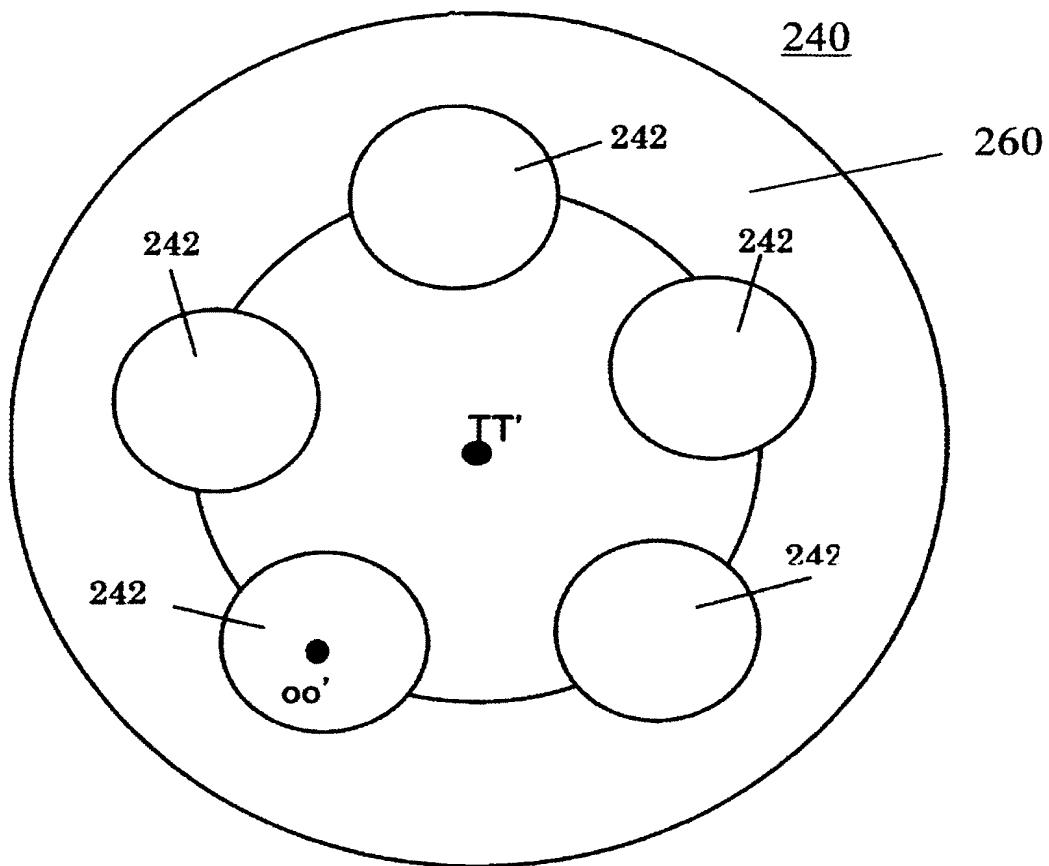
【図7】



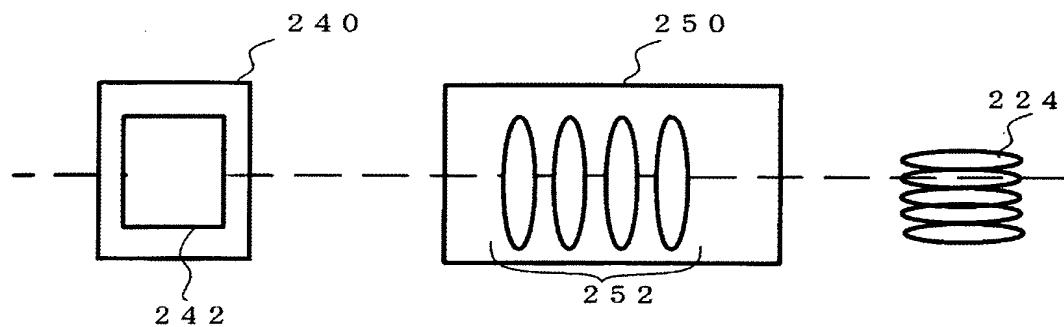
【図8】



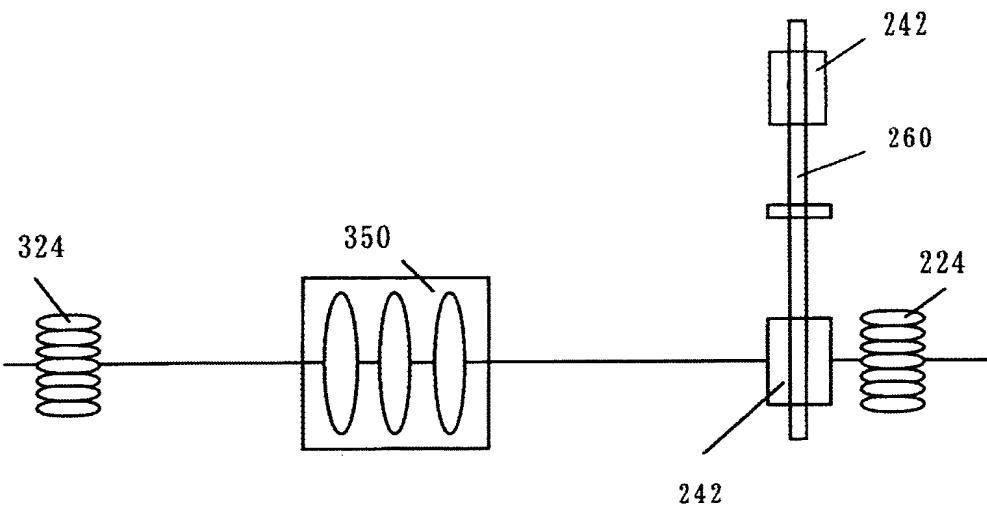
【図9】



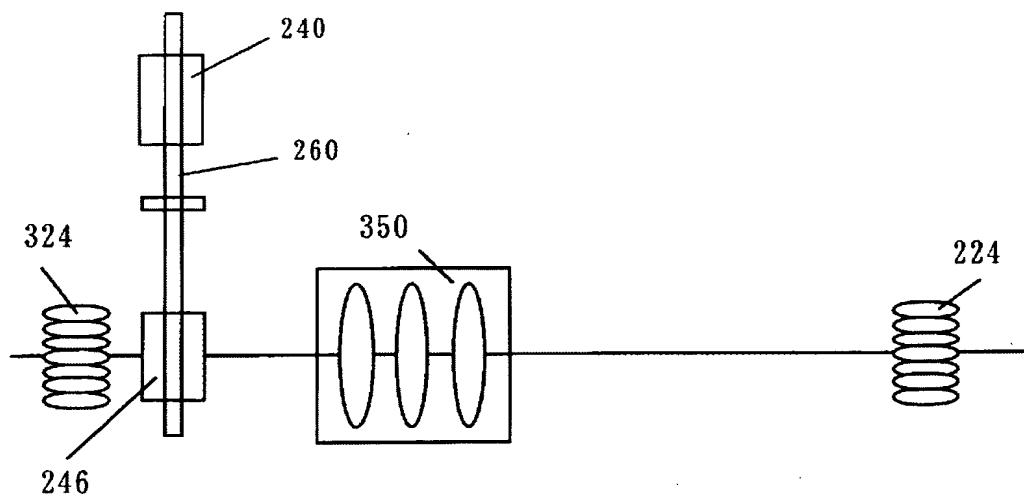
【図10】



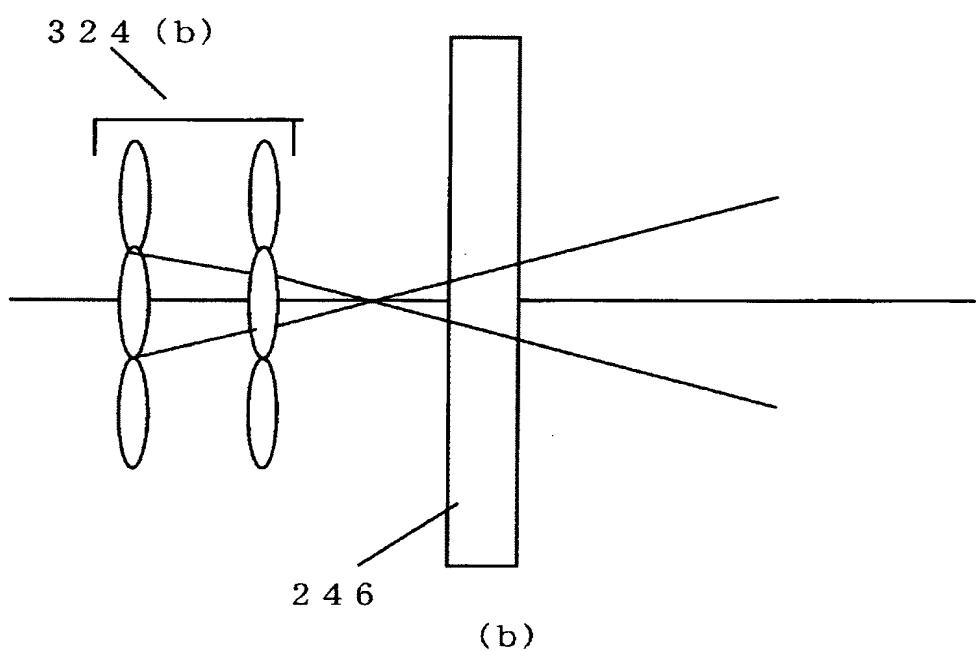
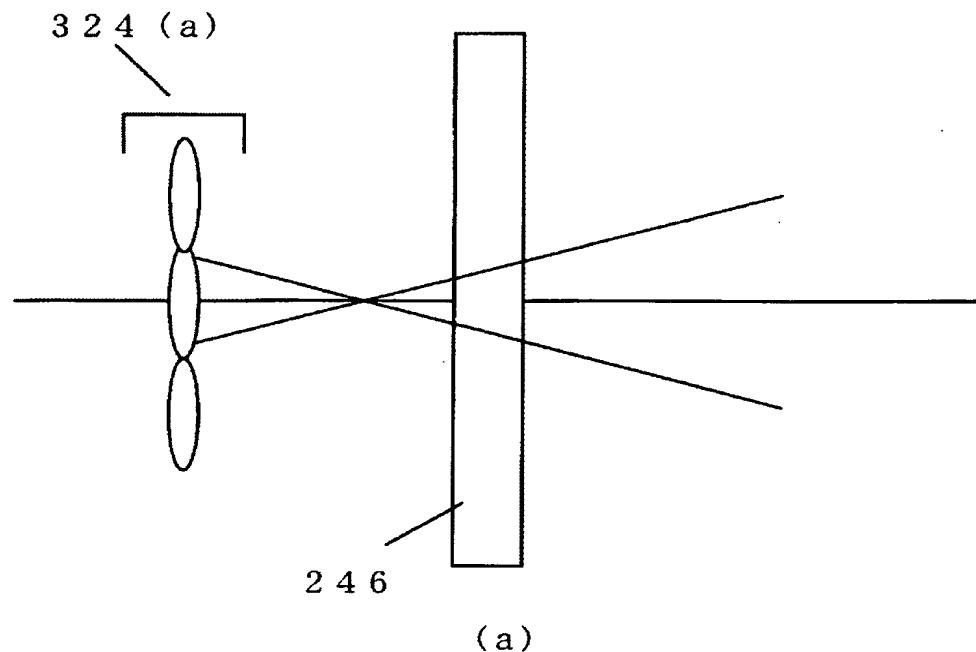
【図11】



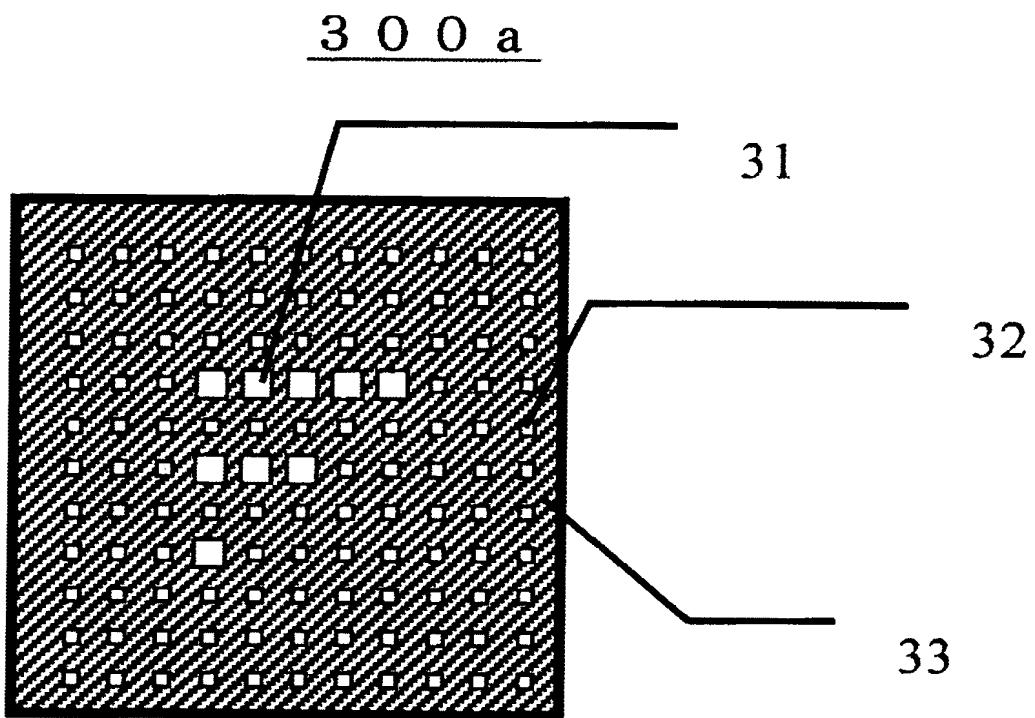
【図12】



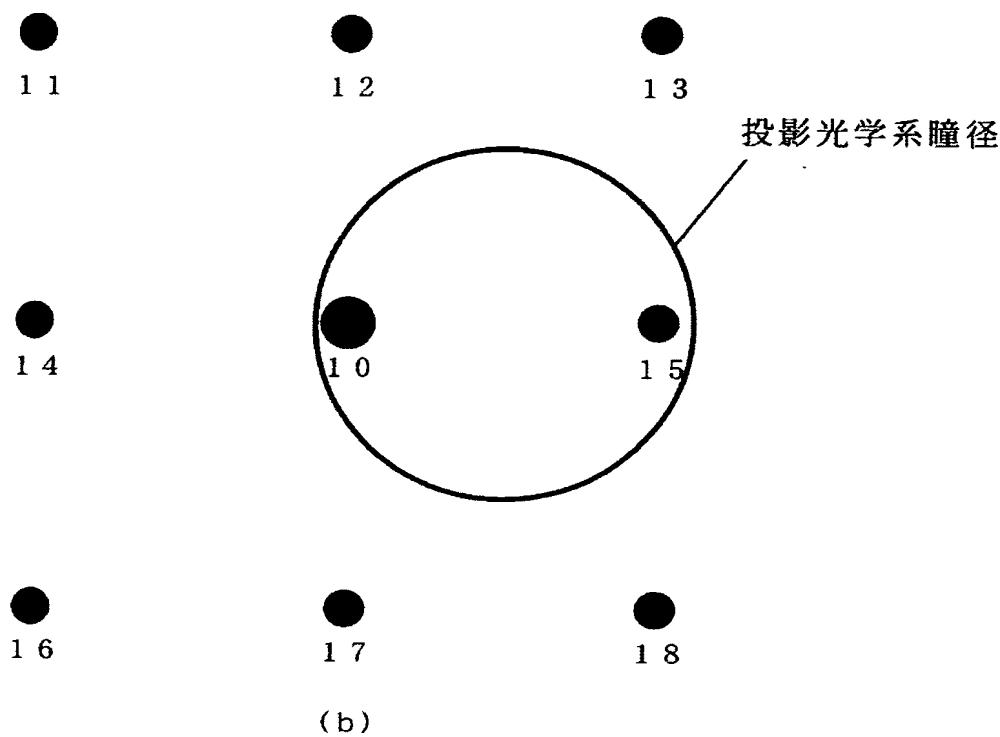
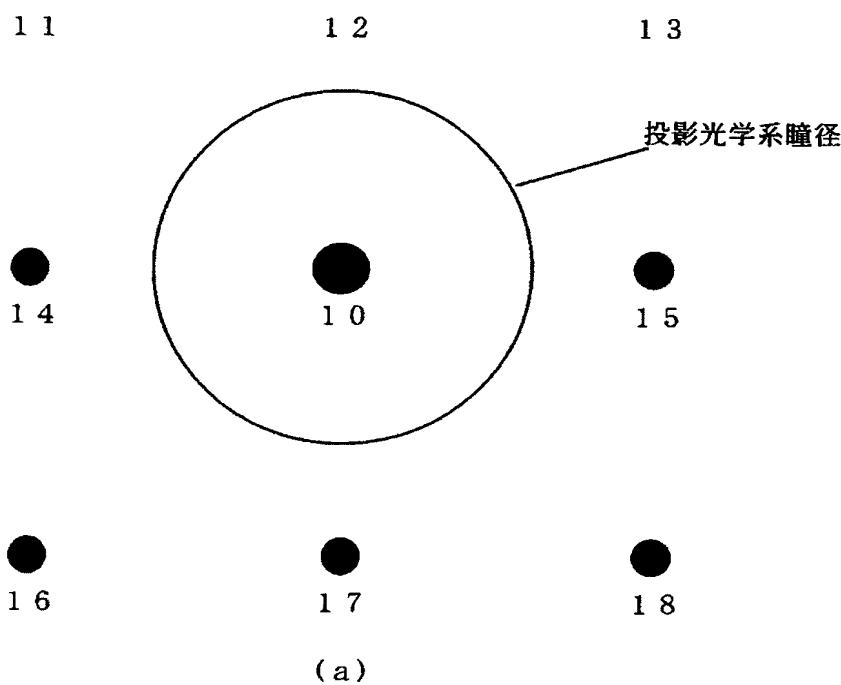
【図13】



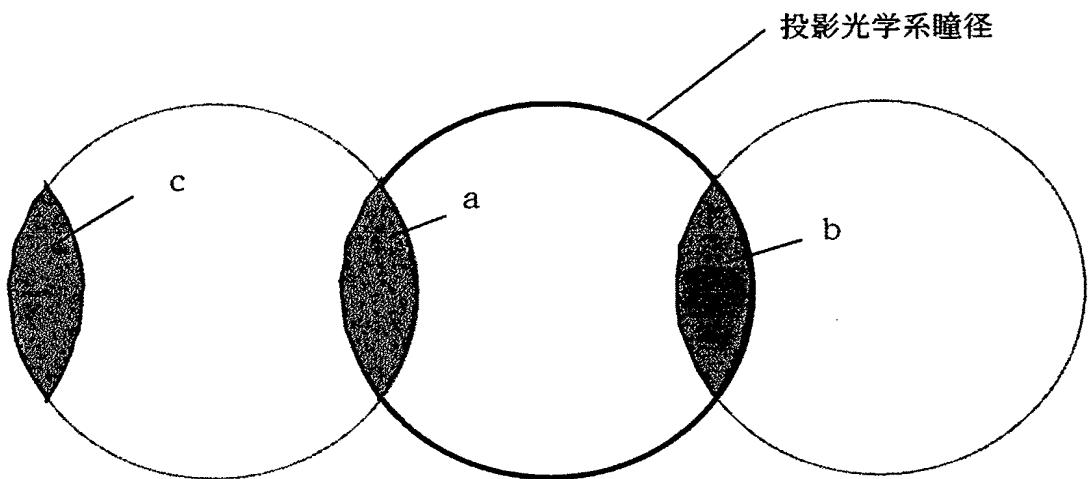
【図14】



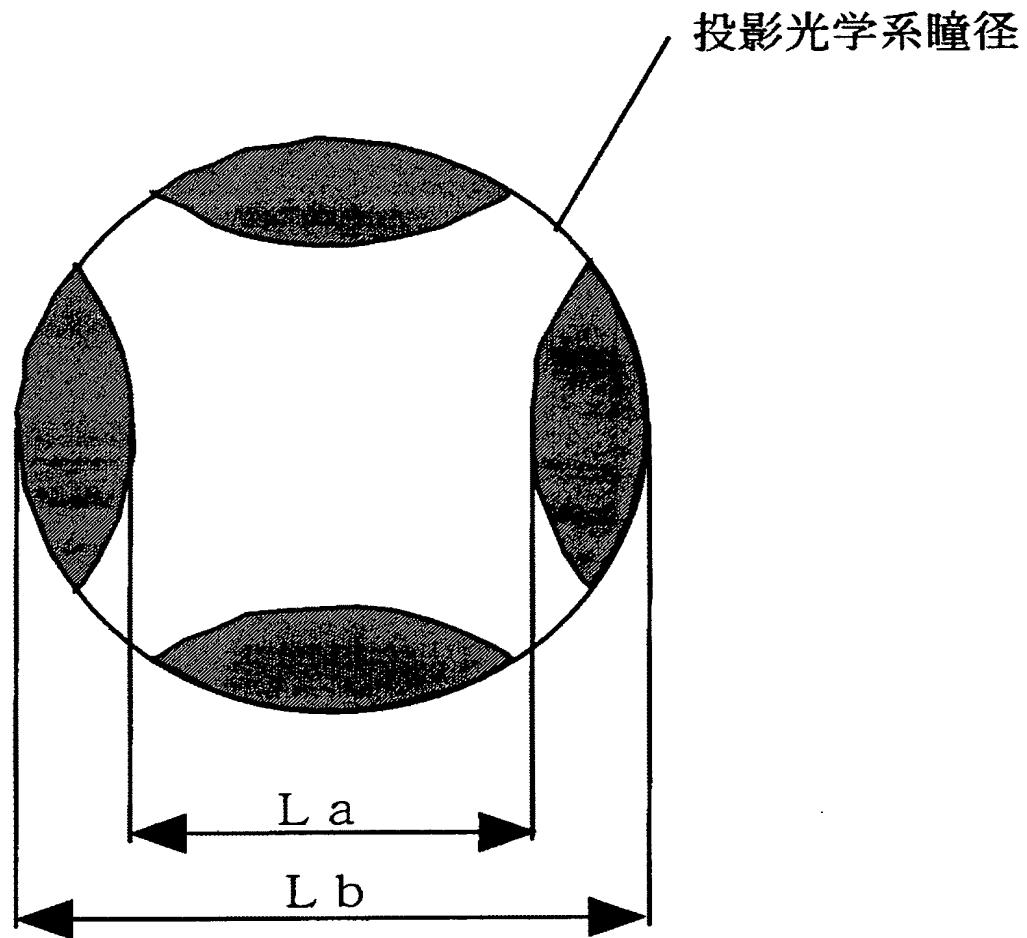
【図15】



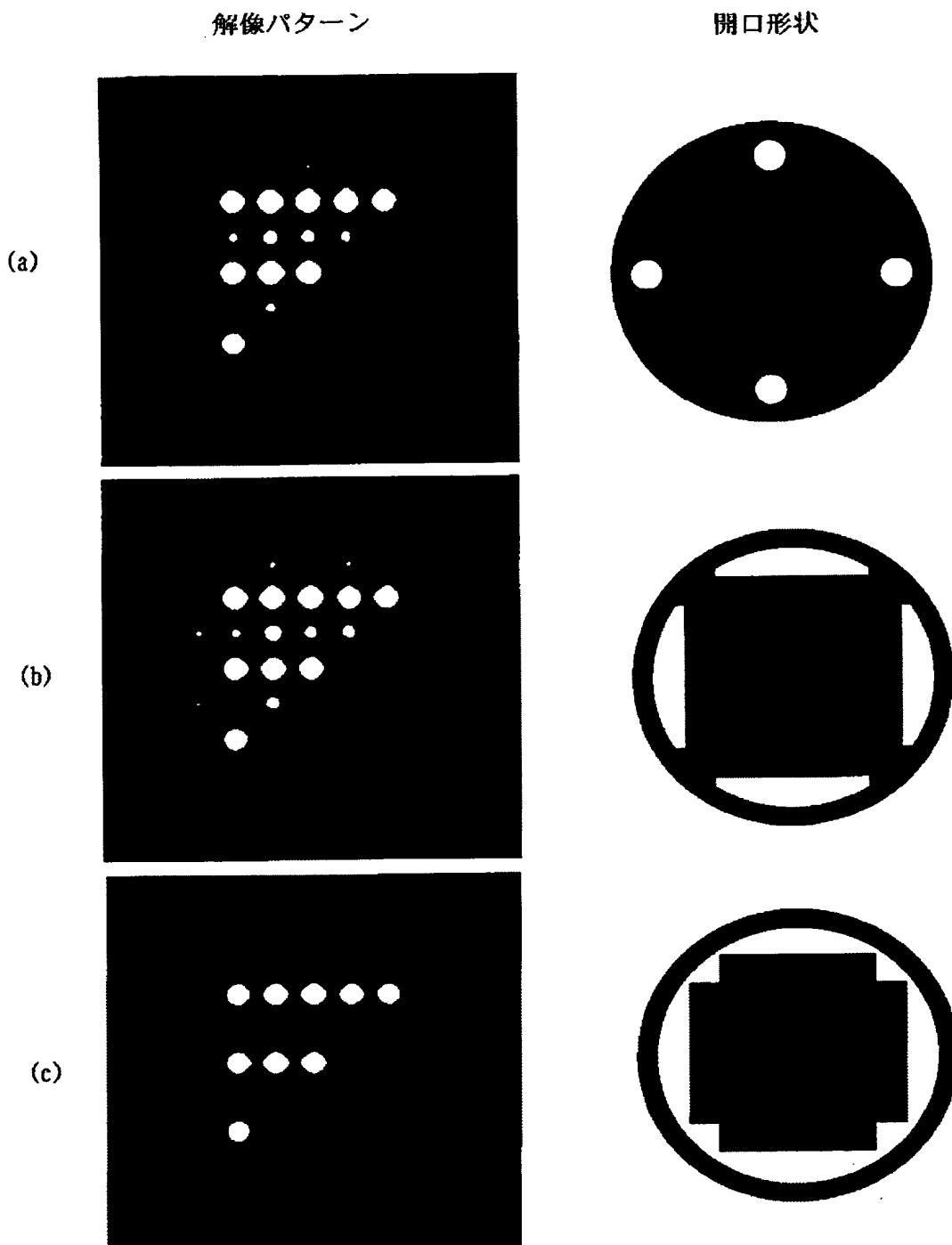
【図16】



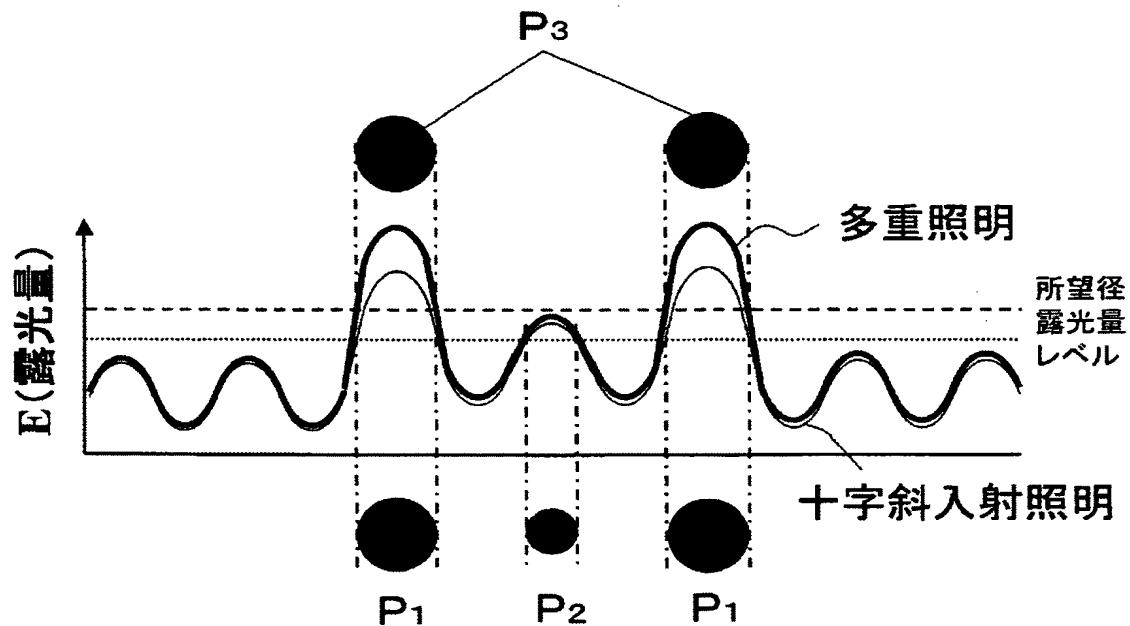
【図17】



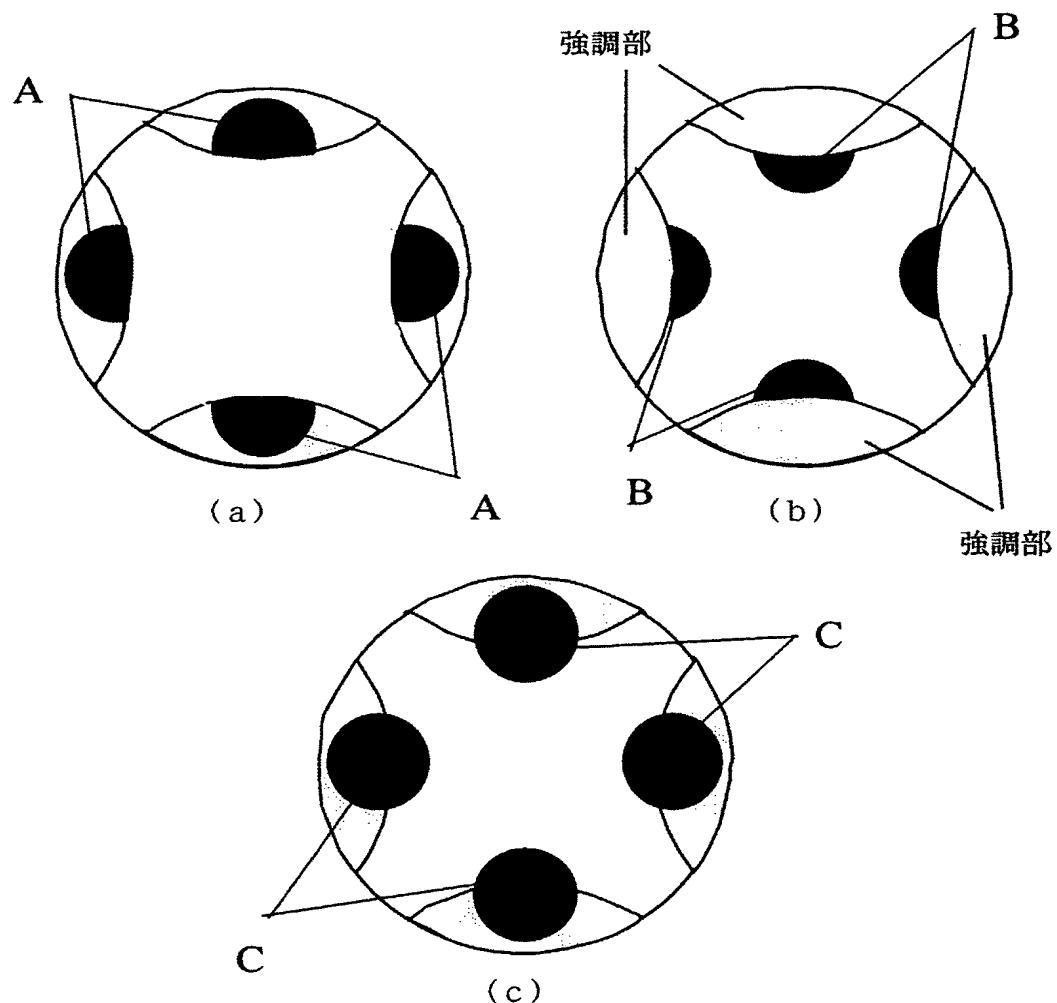
【図18】



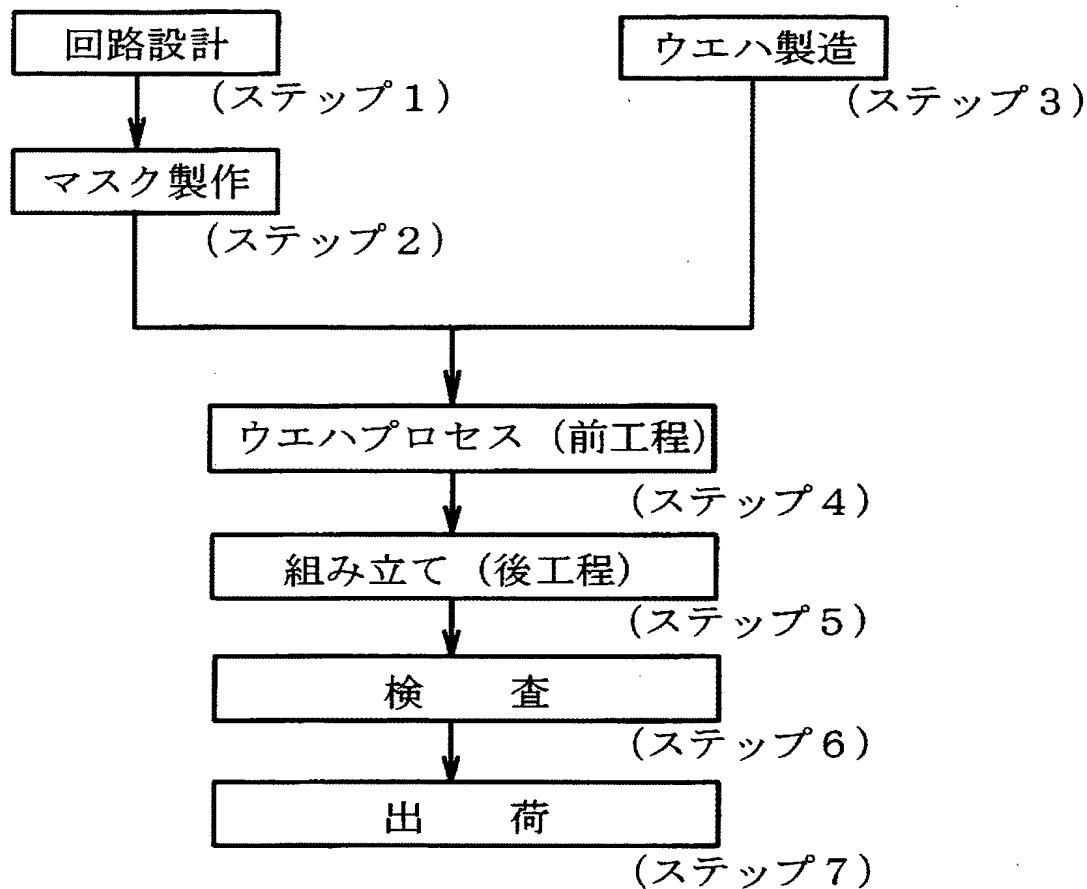
【図19】



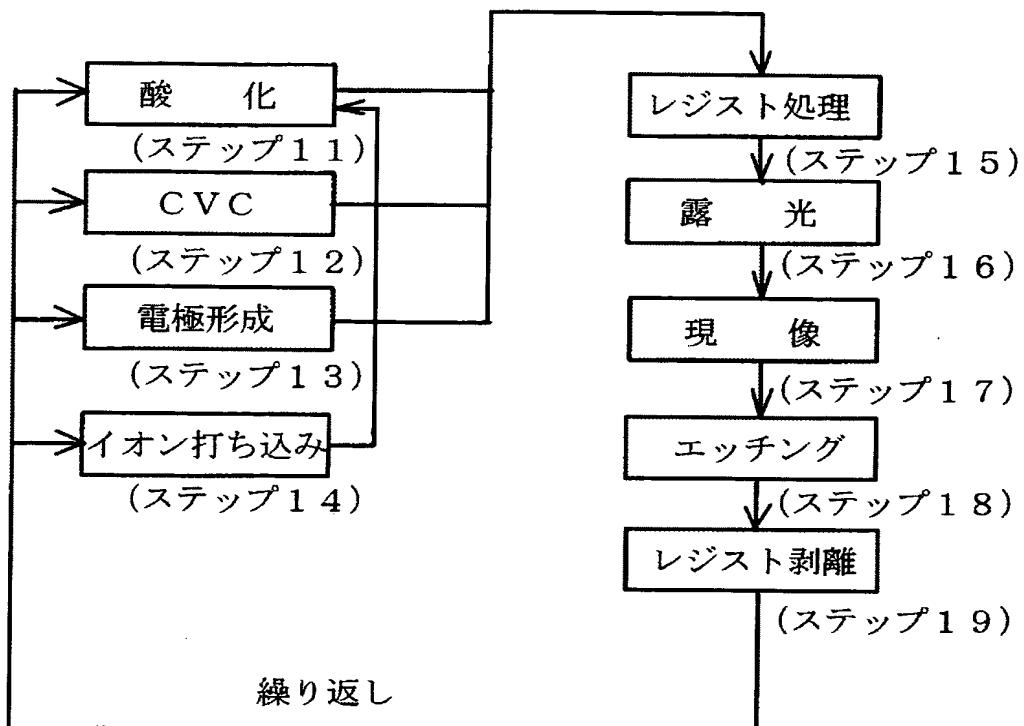
【図20】



【図21】



【図22】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 マスク上のパターン形状にあわせて、最適な有効光源領域（照明光束の形状）が得られると共に、それぞれの部分有効光源を相対的に変位させることができる照明光学系、露光方法及び装置を提供する。

【解決手段】 光源からの光束により、所望のパターンと当該所望のパターンよりも寸法の小さな補助パターンとを有するマスクを照明する照明光学系において、前記所望のパターンが解像され、且つ、前記補助パターンの解像が抑制されるように、前記光束を分割し、前記マスクに対して実質的にフーリエ変換の関係となる所定面に光軸を中心とした四重極状の光量分布を形成する照明光生成手段を有し、前記四重極状の光量分布の夫々の部分の大きさ又は前記光軸と前記四重極状の光量分布の夫々の部分との距離のうち少なくとも一方が可変であることを特徴とする照明光学系を提供する。

【選択図】 図1

特願2002-228042

出願人履歴情報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社